

딸기의 고설수경재배에서 배지의 종류가 생육, 수량 및 과실의 품질에 미치는 영향

전하준* · 황진규 · 손미자 · 최문환 · 조문수
대구대학교 생명환경대학

Effect of Substrates on the Growth, Yield and Fruit Quality of Strawberry in Elevated Hydroponic System

Ha Joon Jun*, Jin Gyu Hwang, Mi Ja Son, Moon Hwan Choi, and Moon Su Cho
College of Life & Environmental Science Daegu University, Gyongsan 712-714, Korea

Abstract. The experiment has investigated the effects of growth, yield, and fruit quality of strawberries by three different kinds of substrates. Commonly used media cocopeat, cocopeat mixed with rice hulls and compound nursery media were used to select a proper medium by comparing growth status, yield and fruit quality. Number of leaves was most in cocopeat substrate, and leaf length and leaf width were highest in compound nursery media. Fruit weight was heaviest in compound nursery media, but there were no significant statistical differences in fruit length, fruit width and soluble solids of fruit. Number of fruits per plant was much in compound nursery media and cocopeat than cocopeat mixed with rice hulls. The most yield per plant was in compound nursery media and the least it was in cocopeat mixed with rice hulls. The results of this experiment will be utilized in the new substrate application for strawberry hydroponics.

Key words : elevated hydroponic system, growth substrate, strawberry

*Corresponding author

서 언

딸기는 재배기간이 길고 노동력이 많이 드는 작물이지만, 저온기에도 난방비의 부담이 적고 단위면적당 수익이 높아서 재배농가가 점차 늘어나고 있다. 또한 딸기는 맛과 향기가 좋고, 비타민 C가 100g 중 약 80mg이 함유되어 있으며, 항암물질로 알려진 ellagic acid도 함유되어 있어(Mass 등, 1991) 건강채소로 주목된다. 그런데, 딸기는 초장이 낮아서 정식, 런너 및 액아 제거, 고엽처리 및 적과 그리고 빈번한 수확작업 등을 열악한 자세로 행하지 않으면 안 되며 수확, 선별, 포장에 많은 노동력을 필요로 하는 어려움이 있다. 그리고, 연작의 해에 약하고 토양전염병해인 위황병의 피해 등이 심각하여 이에 대한 적절한 대책이 필요한 실정이다.

이러한 문제를 해결하는 한 방법으로 딸기의 고설수경재배를 들 수 있다. 딸기의 고설수경재배는 재배배

를 높게 설치하여 재배하기 때문에 재배관리, 수확 등의 작업자세가 개선될 수 있으며, 질소질 비료를 조절하여 화아분화 촉진이 용이하며, 위황병 등의 토양전염성 병해를 피할 수 있다. 뿐만 아니라 고용 노동력의 의존도를 낮출 수 있고 생산 규모도 확대할 수 있다. 일본에서는 1970년대 후반부터 딸기 수경재배의 실용화를 시도하여 다양한 수경재배방식에 대해서 검토하였는데, 그 중에서 NFT와 고행배지경이 실용성이 있다고 하였다(Itaki 등, 1995). 고행배지는 주로 암면 또는 입상암면이 이용되고 있으나 최근에는 다양한 유기배지의 이용이 증가하고 있다(Jeong, 2000). 배지는 작물의 종류에 따라서 물리적, 화학적 특성을 잘 고려하여 선정하여야 하는데(Böhme, 1995), 재배농가에서는 무엇보다 가격이 저렴하고 사용이 편리한 배지를 선호하고 있다. 그래서 본 실험에서는 최근에 가장 많이 이용되는 유기배지인 코코피트와 재배농가가 구입이 편리하고 손쉽게 사용할 수 있는 기존의 원예용

상토, 그리고 가장 저렴하고 구입이 쉬운 왕겨를 사용하여 딸기용 고품배지로서의 이용 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험은 2004년 9월부터 대구대학교 생명환경대학의 부속농장 비닐하우스에서 수행하였다. 공시품종은 ‘아키히메(章姬)’로 진주의 딸기재배농가에서 구입하여 9월 6일 비닐하우스 내에 주간 20cm로 2조식으로 정식하였다. 정식초기에는 EC 0.3dS·m⁻¹의 배양액을 활착 시 까지 충분히 급액하였다. 활착된 이후 엽수 5매를 남기고 병든 잎 및 노화된 잎을 제거하였다. 9월 중순 경부터 야마자키 조성 딸기 배양액을 EC 0.5 dS·m⁻¹로 공급하였다. 정식 30일 후 멀칭필름으로 베드 위를 보온 피복하였고, 11월 20일에서 익년 3월 12일까지 야간에는 온풍 난방기와 하우스용 난로를 겸용으로 적절한 온도로 유지시켰다. 정화방은 6~7개가 되도록 적화하였고, 초기 수세조절을 위하여 11월 26일부터 딸기의 생육 상태에 따라 야간 전조처리를 실시하였다.

배양액은 순환식으로 공급하였고, 처리별로 압력탱크를 이용하여 항상 표준 배양액이 공급되도록 하였다. 급액은 압력 보상형 점적호수를 이용하여 24시간 타이머와 서브 타이머로 급액스케줄을 설정하고, 급액량과 급액 횟수는 배액률이 10~20%정도가 되도록 적절하게 조절하였다. 배양액의 조성은 Table 1의 야마자키 조성 딸기 배양액으로, 생육단계에 따라 배양액의 농도를 조절하여 공급하였다. 정식 후에는 EC 0.4~0.6dS·m⁻¹, 개화개시기 EC 0.8~1.0dS·m⁻¹, 수확개시기 EC 1.0~1.2dS·m⁻¹로 급액 하였다.

시험구 처리는 완전임의배치법으로 하였다. 처리구는 코코피트 단용 배지, 과채류 육묘용 상토(홍농), 왕겨 + 코코피트(용량비 1:1 혼합)를 배지로 사용하였다. 각 처리구별로 10주씩 3반복으로 생육과 과실의 품질 및

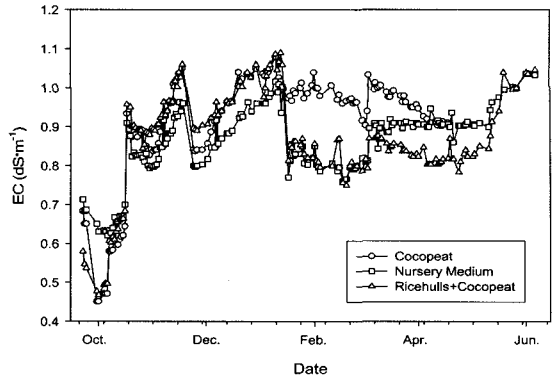


Fig. 1. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrates during the experiment in plastic house.

수량을 조사하였다. 생육조사는 정식 후 30일부터 매주 일회 씩 6주 동안 각 처리별 딸기의 엽수, 엽장, 엽폭을 조사하였다. 수량 및 과실의 품질 조사는 12월 1일부터 딸기의 과실이 완숙한 것을 수확하여 과중, 과장, 과경을 측정하였고, 당도는 전자식 굴절당도계 (Atago, PR-101, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다.

결과 및 고찰

실험 기간 동안 처리별 순환탱크내의 배양액 전기전도도(EC)의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 생육단계에 따라서 공급 배양액의 EC를 조절하여 공급하였기 때문에 순환배양액의 EC도 그에 따라 변화하였는데, 1월과 2월의 원예용 상토와 왕겨혼합배지에서 EC가 낮게 나타난 것은 두 처리구의 딸기 생육이 저조하여 초세회복을 위하여 인위적으로 배양액의 EC를 낮추어 공급하였기 때문이다. 정식초기에 배양액의 농도를 EC 0.4~0.6dS·m⁻¹로 공급하였는데, 순환배양액의 EC가 급액농도 보다 낮게 나타난 것은 초기 생육이 왕성하여 무기이온의 흡수가 왕성하였기 때문으로 생각한다. 그러나 원예용 상토는 다른 배지보다 높은 수치를 나타내었는데, 그것은 원예용 상토에는 일정량의 비료성분

Table 1. Yamazaki's hydroponic solution for strawberry.

Macro element (me·L ⁻¹)	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
	5	0.5	1.5	3	2	1
Micro element (mg·L ⁻¹)	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
	3	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01

딸기의 고설수경재배에서 배지의 종류가 생육, 수량 및 과실의 품질에 미치는 영향

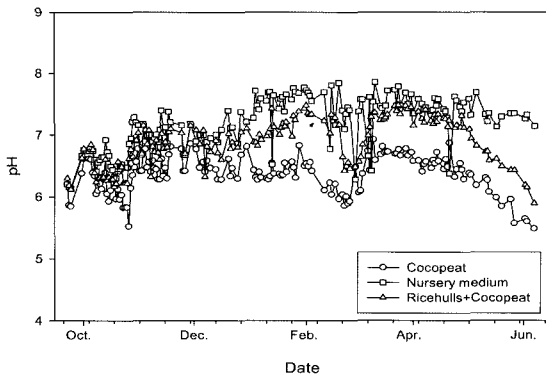


Fig. 2. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrates during the experiment in plastic house.

이 포함되어 있었기 때문으로 생각된다.

10월 중순부터는 개화가 시작되어 EC를 0.8~1.0 dS·m⁻¹로 높여서 공급하였는데, 다른 두 처리보다 원예용 상토 배지의 EC가 약간 낮은 수치를 나타내었다. 이것은 원예용 상토배지에서의 생육이 왕성하여 양분의 흡수가 많았기 때문으로 생각된다. 3월부터는 왕겨혼합배지에서 가장 낮은 EC를 나타내었고, 5월 이후의 생육말기에 기온이 높아짐에 따라 양분의 흡수도 저하하여 전체적으로 배양액의 EC가 다시 증가하였다.

실험 기간 동안 배지별 순환배양액의 pH 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 전체적인 pH의 변화는 5.5~7.5의 수준이었는데, 생육초기부터 정화방 개화전인 10월 중순까지는 모든 배지에서 pH 6.5 수준으로 이 시기에 생육이 왕성하여 pH는 약간 상승하는 경향을 나타내었다.

Yamazaki(1982)는 배양액의 적절한 pH는 5.5~6.5이며, 이 범위에서 식물체는 무기양분을 균형 있게 흡수한다고 하였는데, 코코피트 배지구는 전 생육기간 동안 이 범위 내에서 가장 안정적인 변화를 나타내었다. Choi 등(2001)은 코코피트 배지에서는 생식생장기에 다른 배지에 비해서 pH가 낮게 유지되는데, 이것은

양이온의 흡수가 왕성해져서 일어나는 현상으로 코코피트 배지의 CEC가 높아서 치환작용이 왕성하게 이루어진 결과라고 하였다. 왕겨혼합배지는 약간 높은 수치를 나타내었는데, Hattori와 Takeshima(1976)는 가공하지 않은 왕겨를 배지로 사용하면 생육억제, 잡초발생, 배지의 pH 상승 등의 문제가 있다고 하였다. 또한 Sohn 등(1996)은 왕겨배지는 유기물이 분해되는 과정에서 초기에 암모니아화 작용이 일어나 NH₄OH가 생성되어 pH가 상승한다고 하였는데, 본 실험에서도 정식 초기에 왕겨혼합배지에서 pH가 다소 높은 것을 볼 수 있었다. 딸기는 개화기부터 수확개시기까지는 근군 발달이 계속되다가 수확최성기부터 근군이 격감하고 1차근이 흑갈변하는데, 이때는 부패근의 발효로 질산이 발생하여 pH가 저하한다(Chung 등, 2002)고 하였는데, 본 실험에서도 수확기인 12월 초와 2월 초 그리고 4월 이후에 배양액의 pH가 전체적으로 하강하였다. 원예용 상토배지에서는 pH가 6.4~7.8로 높았는데, 이것은 배지 원자재의 영향으로 생각할 수도 있으나, 뿌리 생육이 왕성하여 pH가 상승한 것으로도 생각할 수 있다(Udagawa 등, 1988).

배지 종류별 딸기의 초기생육을 Table 2에 나타내었다. 엽수는 코코피트 배지에서 가장 많았으며, 원예용 상토와 왕겨혼합배지의 순이었다. 엽장과 엽폭은 원예용 상토배지에서 가장 우수했으며 코코피트, 왕겨혼합배지의 순이었다. 원예용 상토배지의 성적이 좋은 것은 배지의 물리적 성질이 양호하기 때문이거나, 상토용 혼합배지에 비료분이 함유되어 있어서 다른 배지보다 양분의 공급이 많았기 때문일 수도 있는 것으로 생각된다.

양호한 배지는 고품질, 토양공기, 토양수의 세 가지 요소가 적절한 균형을 이룬 것으로(Bunt, 1983), 식물 뿌리를 둘러싼 물리적 환경을 최적 조건으로 만들어 양분과 수분의 흡수를 최대화할 수 있는 것이다. 원예용 상토는 육묘기간 동안에 필요한 양분을 포함하는

Table 2. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in plastic house.

Substrates	No. of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Cocopeat	5.7	17.5	7.4
Nursery media	5.5	19.6	8.0
Rice hulls + Cocopeat	5.2	17.0	7.2
LSD(<i>p</i> < 0.05)	0.4	1.2	0.4

Table 3. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics in plastic house.

Substrates	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Total yield (g/plant)
Cocopeat	23.1	58.0	32.3	11.3	21.3	495.0
Nursery media	25.8	58.5	34.3	11.2	21.6	545.9
Rice hulls + Cocopeat	23.3	57.1	31.8	11.3	11.9	387.4
LSD($p < 0.05$)	NS	NS	NS	NS	4.7	149.3

것은 물론이고 최적의 물리적 성질을 고려하여 다양한 자재를 배합하여 조제되므로, 이러한 원예용 상토를 이용한 배지에서는 우수한 물리성의 효과가 발휘되는 것으로 이해할 수 있을 것이다. 원예용 상토내의 비료성분이 초기생육을 촉진하는 효과에 대해서는 정확한 판단을 내리기 어려우나, 상토내의 질소성분은 충분히 생육촉진 효과를 낼 수 있으나, 딸기는 내염성이 약한 작물이므로(Udagawa 등, 1988) 공급 배양액보다 높은 삼투압에 의한 양분흡수의 저해도 고려할 수 있으므로 이에 대한 판단은 좀 더 상세한 분석을 필요로 할 수 있다.

배지 종류별 과실의 품질 및 수량을 Table 3에 나타내었다. 과중은 통계적인 유의성은 없었지만 원예용 상토배지에서 25.8g으로 가장 높게 나타났고 과장, 과경, 당도 등도 처리 간에 유의한 차이는 없었지만 원예용 상토배지에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 주당 수확과수는 원예용 상토와 코코피트 배지 모두 왕겨 혼합배지보다 유의하게 높은 수치를 나타내었다. 주당 수량은 원예용 상토배지가 545.9g으로 가장 많았으며, 그 다음으로 코코피트 배지에서 높았으며 왕겨 혼합배지에서 가장 낮았다.

본 실험의 결과에서 원예용 상토 배지에서 초기생육이 양호하고 수량이 높았던 것은 우선 배지의 물리적 성질이 양호했기 때문이 아닌가 생각된다. 딸기는 크라운 부위에는 적절한 수분이 있어야 새 뿌리의 발생이 양호하고, 근부에는 충분한 산소가 공급될 수 있어야 생육이 양호하다고 하였는데(Udagawa, 1988), 원예용 상토배지도 물리적 성질이 양호하여 근부에 충분한 산소가 공급되어 뿌리의 발생이 양호하고 충분한 근부의 형성으로 양분흡수가 양호해지고 생육과 수량이 증가한 것으로 생각된다. Jun 등(2006)도 크라운 부위와 하부의 물리적 성질을 달리한 이층배지에서 딸기의 생육과 수량이 우수하다고 하였다.

고형배지 재배에서는 암면이 가장 많이 이용되어 왔

으며, 펠라이트, 버미큘라이트 등의 무기배지의 이용도 많지만, 최근에는 폐기문제를 고려하여 유기배지의 사용이 증가하고 있다. 코코피트는 암면과 물리적 성질이 가까운 배지로서 최근에 과채류의 수경재배에서 많이 사용되고 있는데, 본 실험의 결과에 의하면 딸기의 수경재배에서도 우수한 배지로서의 이용 가능성을 입증하였다. 왕겨는 구입이 양호하고 가격이 싸기 때문에 고형배지 재배에서 많이 이용하는데(Hattori와 Takeshima, 1976; Hwang, 2002), 보수력을 보강하기 위하여 다른 배지와 혼합하여 이용하는 경우가 많다(Choi 등, 1999). 본 실험에서 다른 배지에 비하여 수량이 현저하게 저하한 것은 역시 보수성이 낮아 뿌리의 발달이 충분하지 못했던 것이 원인으로 생각되는데, 이는 다른 배지와 혼합비 조절이나(Bilderback 등, 1982; Biledlerback과 Fonteno, 1993) 급액량의 조절로 보완할 가능성이 있으므로 왕겨 혼합배지의 활용가능성에 대해서는 앞으로도 더 많은 검토가 필요한 것으로 생각된다.

본 연구에서는 딸기의 수경재배에 적합한 고형배지의 선정을 위하여 생산자가 쉽게 구입할 수 있으며, 배지 충전이나 보충작업이 간편하고 물리성이 우수한 배지로서, 원예용 상토의 우수성을 입증함으로써 딸기 재배농가에게 유용한 정보로 활용될 수 있을 것으로 기대될 뿐만 아니라 타 작물의 고형배지 재배에서도 유용하게 이용될 것으로 생각된다.

적 요

본 실험은 딸기의 고설수경재배에 이용 가능한 적절한 배지를 조사하기 위하여 수행하였다. 코코피트 배지에서 엽수가 가장 많았으며, 원예용 상토배지에서 엽장 과 엽폭이 가장 우수했다. 과중은 통계적인 유의성은 없었지만 원예용 상토배지에서 25.8g으로 가장 높게 나타났고 과장, 과경, 당도 등도 처리 간에 유의한 차이는 없었지만 원예용 상토배지에서 가장 좋은 결과를

나타내었다. 주당 수확과수는 원예용 상토와 코코피트 배지 모두 왕겨 혼합배지보다 유의하게 높은 수치를 나타내었다. 주당 수량은 원예용 상토배지가 545.9g 으로 가장 많았으며, 그 다음으로 코코피트 배지에서 높았으며 왕겨 혼합배지에서 가장 낮았다. 본 연구에서는 딸기의 수경재배에 적합한 고품배지로서 생산자가 구입과 작업이 편리하고 물리성이 좋은 원예용 상토의 우수성을 입증하여, 딸기 재배농가에게 유용한 정보로 활용될 수 있을 것으로 기대되며 타 작물의 고품배지 재배에서도 유용하게 이용될 것으로 생각된다.

주제어 : 고설수경재배, 딸기, 배지

사 사

본 연구는 대구대학교 교내 학술연구비의 지원으로 수행되었음.

인용문헌

- Bilderback, T.E., W.C. Fonteno, and D.R. Johnson. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peatmoss and their effect on azalea growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:522-525.
- Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1993. Improving nutrient and moisture retention in pine bark substrates with rockwool and compost combinations. *Acta Hort.* 342:265-272.
- Böhme, M. 1995. Effect of closed systems in substrate culture for vegetable production in greenhouses. *Acta Hort.* 396:45-54.
- Bunt, A.C. 1983. Physical properties of mixtures of peat and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Hort.* 150:143-153.
- Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 2001. Determination of total integrated solar radiation range for the optimal absorption by cucumber plant in different substrates. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):271-274.
- Choi, J.M., H.J. Chung, S.B. Key, and C.Y. Song. 1999. Improved physical properties in rice hull, saw dust and wood chip by milling and blending with recycled rockwool. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40(6):775-760.
- Chung, S.J., S.G. Park, B.S. Seo, and S.J. Chung. 2002. Strawberry cultivation in greenhouse. Chonnam Nat'l Univ. Publishing, Korea.
- Hattori, Y. and K. Takeshima. 1976. Use of ricehull-base medium in carnation cultivation (2). *Agriculture and Horticulture* 51:1277-1280.
- Hwang, I.T. 2002. Plant growth and flower production in response to substrates and nutrient solutions, and development of recycling system using rice hulls in hydroponics of *Dendranthema grandiflorum*(Ramat.) Kitamura cv. Chungwoon. Ph D Diss., Cheonnam Univ., Cheonnam.
- Itaki, T., K. Sasaki, and Y. Udagawa. 1995. Practical technics for hydroponics. Nougyoudenkyou. Tokyo. p.93-101.
- Jeong, B.R. 2000. Current status and perspective of horticultural medium reuse. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 18(6):876-883.
- Jun, H.J., J.G. Hwang, I.G. Kim, M.J. Son, K.M. Lee, and Y. Udagawa. 2006. Effect of double layered substances on the growth, yield and fruit quality of strawberry in elevated hydroponic system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24(2):157-161.
- Mass, J.L., G.J. Galletta, and G.D. Stoner. 1991. Ellagic acid, anticarcinogen in fruits, especially in strawberries. *HortScience* 26(1):10-14.
- Sohn, B.K., J.H. Hong, and K.J. Park. 1996. Comparative studies on static windows and aerated static pile composting of the mixture of cattle manure and rice hulls. *J. Kor. Soc. Soil. Sci. Fert.* 29:403-410.
- Udagawa, Y., C. Dogi, and H. Aoki. 1988. Studies on the practical use of nutrient film technique in Japan. (3) Concentration of nutrient solution and quality of strawberry seedling. *Bull. Chiba. Agr. Exp. Stn.* 29:37-47.
- Yamazaki, K. 1982. Management of pH in nutrient solution in hydroponics. *Agriculture and Horticulture* 57(2):327-331.